

Electrical circuit arrangement, which is supplied from a DC voltage source, for supplying a load two-pole network with a direct current which is impressed but can be interrupted or a block-form alternating current which is impressed but can be interrupted, with adjustable limiting of the voltages on the load two-pole network and on the electronic one-way switches which are used

Bibliographic data

Patent number: DE3538494
Publication date: 1987-05-07
Inventor: BOEHRINGER ANDREAS PROF (DE); GOELLER EUGEN (DE)
Applicant: BOEHRINGER ANDREAS (DE)
Classification:
- **international:** H02H9/06; H02M3/24; H02M7/44; B23H1/02; B23K9/09; H05H1/36; H01S3/09
- **european:** H02M3/337, H05H1/36, B23K9/10A
Application number: DE19853538494 19851030
Priority number(s): DE19853538494 19851030

European Patent Office

Abstract of DE3538494

Electrical load two-pole networks must be supplied in many applications (for example in the case of electrical welding, spark erosion or the excitation of lasers) with an impressed direct current or alternating current, which would frequently be capable of being pulsed.

In order to impress a current, circuit arrangements which have been widespread until now use either a bias resistor, which results in poor efficiency, or an inductor in the output circuit, which severely constrains the pulsing capability.

These disadvantages are avoided in the basic arrangement according to the invention, which is shown by way of example in Fig. 4. The current through the load two-pole network (1) is impressed with the aid of an input step-down controller (7). If it is not intended to supply any power to the load two-pole network, the short-circuiting switch (5) must be closed. When the short-circuiting switch is blocked, the voltage on the load two-pole network and on the short-circuiting switch is limited by a buffering network (12). The voltage on the buffering capacitor is regulated at a preferably constant setting by suitably influencing a feedback controller (15). If an inverter is introduced between the output terminals of the circuit arrangement according to Fig. 4 and the load two-pole network, the load two-pole network can be supplied with an impressed, block-form alternating current. In addition, it is possible to design the circuits to be isolated in terms of potential.



Behördeneigentum

DE 3538494 A1

71 Anmelder:

Boehringer, Andreas, Prof. Dr.-Ing.habil., 7000
Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Boehringer, Andreas, Prof.; Göller, Eugen, 7000
Stuttgart, DE

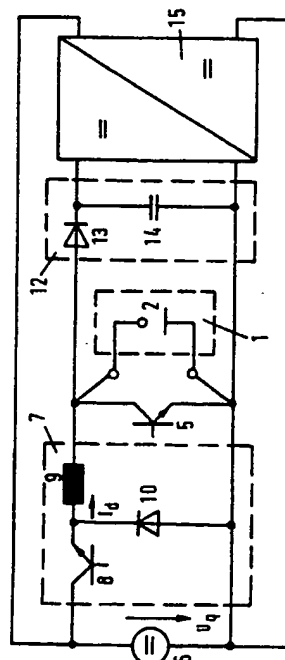
- 64 Aus einer Gleichspannungsquelle gespeiste elektrische Schaltungsanordnung zur Versorgung eines Verbraucherzweipols mit eingprägtem, jedoch unterbrechbarem Gleichstrom oder eingprägtem, jedoch unterbrechbarem, blockförmigem Wechselstrom mit einstellbarer Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol und an den verwendeten elektronischen Einwegschaltern

Elektrische Verbraucherzweipole müssen in vielen Anwendungsfällen (z. B. beim Elektroschweißen, der Funken-erosion oder der Anregung von Lasern) mit einem eingprägten Gleich- oder Wechselstrom versorgt werden, welcher häufig pulsbar sein sollte.

Bisher verbreitete Schaltungsanordnungen verwenden zur Stromeinprägung entweder einen Vorwiderstand, woraus ein schlechter Wirkungsgrad resultiert oder eine Drossel im Ausgangskreis, welche die Pulsbarkeit stark einengt.

Diese Nachteile werden in der erfindungsgemäßen, in Fig. 4 beispielhaft dargestellten Grundanordnung vermieden. Der Strom durch den Verbraucherzweipol (1) wird mit Hilfe eines Eingangstiefsetzstellers (7) eingprägt. Soll dem Verbraucherzweipol keine Leistung zugeführt werden, ist der Kurzschlußschalter (5) zu schließen. Bei gesperrtem Kurzschlußschalter wird die Spannung am Verbraucherzweipol und am Kurzschlußschalter vom Puffernetzwerk (12) begrenzt. Durch geeignete Beeinflussung eines Rückspeisestellers (15) wird die Spannung am Pufferkondensator auf einen vorzugsweise konstanten Sollwert eingeregelt.

Wenn man zwischen den Ausgangsklemmen der Schaltungsanordnung nach Fig. 4 und dem Verbraucherzweipol einen Wechselrichter einfügt, kann der Verbraucherzweipol mit eingprägtem, blockförmigem Wechselstrom gespeist werden. Außerdem ist es möglich, die Schaltungen potentiellgetrennt auszuführen.



DE 3538494 A1

Patentansprüche

1. Aus einer Gleichspannungsquelle gespeiste elektrische Schaltungsanordnung zur Versorgung eines Verbraucherzweipols mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem Gleichstrom mit einstellbarer Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol und an den verwendeten elektronischen Einwegschaltern, dadurch gekennzeichnet, daß der speisenden Gleichspannungsquelle (6) ein potentialgebundener Gleichstromtiefsetzsteller mit eingepprägtem Ausgangsstrom, der sogenannte Eingangstiefsetzsteller (7) nachgeschaltet ist und daß die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) über einen elektronischen Einwegschalter, den sogenannten Kurzschlußschalter (5) überbrückt sind und daß an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) der Verbraucherzweipol (1), vorzugsweise eine elektrische Entladungsstrecke (2) angeschlossen ist, und daß an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) außerdem ein Puffernetzwerk (12), bestehend aus der Reihenschaltung einer Diode, der sogenannten Pufferdiode (13), und eines Kondensators, des sogenannten Pufferkondensators (14) angeschlossen ist und daß die Pufferdiode (13) so gepolt ist, daß sie auch bei leitendem Kurzschlußschalter (5), ein Abfließen von Ladung aus dem Pufferkondensator (14) über den durch sie gebildeten Pfad verhindert und daß jene Energie, welche dem Pufferkondensator (14) dann zufließt, wenn im Anschluß an ein Öffnen des Kurzschlußschalters (5) der Verbraucherzweipol (1) nicht oder noch nicht genügend leitfähig ist, dem Pufferkondensator (14) über einen, vorzugsweise potentialgebundenen Gleichstromsteller, den sogenannten Rückspeisesteller (15) wieder entnommen und in die oben genannte Gleichspannungsquelle (6) zurückgespeist wird, derart, daß die Spannung am Pufferkondensator (14) über eine geeignete Beeinflussung des Rückspeisestellers (15) auf einen, vorzugsweise konstanten, Sollwert eingeregelt wird und daß der eingepprägte Gleichstrom, mit welchem der Verbraucherzweipol (1) versorgt werden soll, über eine geeignete Beeinflussung des Eingangstiefsetzstellers (7) auf den gewünschten Wert eingestellt wird und daß dann, wenn der durch den Eingangstiefsetzsteller (7) eingepprägte Gleichstrom dem Verbraucherzweipol (1) zufließen soll, der Kurzschlußschalter (5) in geöffnetem Zustand gehalten wird und daß dann, wenn der durch den Eingangstiefsetzsteller (7) eingepprägte Gleichstrom vom Verbraucherzweipol (1) ferngehalten werden soll, der Kurzschlußschalter (5) in geschlossenem Zustand gehalten wird.

2. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Abweichung von Anspruch 1 dann, wenn der Kurzschlußschalter (5) leitend ist und infolgedessen dem Verbraucherzweipol (1) kein Strom zugeführt wird, die am Verbraucherzweipol (1) anliegende Spannung nicht den Wert Null, sondern einen hiervon verschiedenen Wert annimmt, derart, daß jener Anschluß des Verbraucherzweipols (1), durch den bei gesperrtem Kurzschlußschalter (5) der Strom in den Verbrau-

cherzweipol (1) eintritt, ein geringeres elektrisches Potential aufweist als der andere Anschluß des Verbraucherzweipols (1) und daß zur Sicherstellung dieser Funktion in Abweichung von Anspruch 1 nur einer der beiden Anschlüsse des Verbraucherzweipols (1) mit einer der beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) verbunden ist und zwar mit jener, an welche die im Eingangstiefsetzsteller (7) enthaltene Speicherdrossel (9) direkt angeschlossen ist und daß der dann verbleibende Anschluß des Verbraucherzweipols (1) mit einem Zwischenabgriff (20) der speisenden Gleichspannungsquelle (6) direkt verbunden ist.

3. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Abweichung von Anspruch 1 der Verbraucherzweipol (1) nicht direkt, sondern unter Zwischenfügung eines potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) angeschlossen ist.

4. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in Abweichung von Anspruch 1 der Verbraucherzweipol (1) nicht direkt, sondern unter Zwischenfügung eines potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Vollbrückenschaltung (28) an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers angeschlossen ist.

5. Aus einer Gleichspannungsquelle gespeiste elektrische Schaltungsanordnung zur Versorgung eines Verbraucherzweipols mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem, blockförmigem Wechselstrom mit einstellbarer Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol und an den verwendeten elektronischen Einwegschaltern, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Anordnung gemäß Anspruch 3 der ausgangsseitige Gleichrichter (34) des dort enthaltenen potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) fortgelassen und der Verbraucherzweipol (1) direkt an die beiden Außenklemmen der Sekundärwicklung des Transformators (27) des dann verbleibenden potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) angeschlossen ist und daß dann, wenn der Verbraucherzweipol (1) mit eingepprägtem, blockförmigem Wechselstrom gespeist werden soll, der Kurzschlußschalter (5) in gesperrtem Zustand gehalten wird und daß dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, der Kurzschlußschalter (5) in leitendem Zustand gehalten wird.

6. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der dort enthaltene, potentialtrennende Wechselrichter in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) herausgenommen und stattdessen ein potentialtrennender Wechselrichter in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) eingefügt wird.

7. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Anordnung gemäß Anspruch 6 der Transformator (33) des dort enthaltenen potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) fortgelassen und der Verbraucherzweipol (1) direkt an die beiden Brückenmittelpunkte (37) und (38) des dann

verbleibenden, potentialgebundenen Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung angeschlossen ist.

8. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 der 5, dadurch gekennzeichnet, daß der dort enthaltene Kurzschlußschalter (5) entfernt und in seiner Funktion durch eine geeignete Beeinflussung der beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des dort enthaltenen potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) ersetzt wird, derart, daß dann, wenn der Verbraucherzweipol (1) von einem von Null verschiedenen Strom durchflossen werden soll, die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) jeweils für einheitliche Zeitintervalle in gegensinniger Weise ein- und ausgeschaltet werden und

daß dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) dauernd eingeschaltet bleiben.

9. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der dort enthaltene Kurzschlußschalter (5) entfernt und in seiner Funktion durch eine geeignete Beeinflussung der vier elektronischen Einwegschalter (29), (30), (31) und (32) des dort enthaltenen Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung ersetzt wird, derart,

daß dann, wenn der Verbraucherzweipol (1) von einem von Null verschiedenen Strom durchflossen werden soll, die vier elektronischen Einwegschalter (29), (30), (31) und (32) des Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung jeweils für einheitliche Zeitintervalle ein- und ausgeschaltet werden, in einer Weise, daß zwei in Reihe geschaltete elektronische Einwegschalter jeweils gegensinnig ein- und ausgeschaltet werden und zwei nebeneinanderliegende, also entweder mit ihren Zuflußelektroden oder mit ihren Abflußelektroden direkt miteinander verbundene elektronische Einwegschalter ebenfalls gegensinnig ein- und ausgeschaltet werden und

daß dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, mindestens zwei in Reihe geschaltete elektronische Einwegschalter des Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung dauernd eingeschaltet bleiben.

Beschreibung

In der modernen Technik stellt sich in zunehmendem Maße die Aufgabe, elektrische Verbraucherzweipole und zwar vornehmlich elektrische Entladungsstrecken mit einem eingepprägten, d.h. lastunabhängigen Gleich- oder Wechselstrom zu versorgen.

Als Beispiele hierfür seien das Elektroschweißen (mit eingepprägtem Gleichstrom), die Werkstoffbearbeitung mittels Funkenerosion (mit eingepprägtem Gleichstrom), die Kathodenzerstäubung von Metallen mit dem Plasma-Magnetron (mit eingepprägtem Gleichstrom) sowie die elektrische Anregung von Lasern (mit eingepprägtem Gleichstrom der mit eingepprägtem Wechselstrom) genannt.

Zur Sicherstellung eines kontrollierten Betriebs (Freischalten von Kurzschlüssen beim Plasma-Magnetron bzw. Ablösen von Tropfen beim Elektroschweißen), zur Steuerung der mittleren Leistung (dosierte Anregung von elektrisch gepumpten Lasern) oder zur Erzielung des eigentlichen Nutzeffektes (Stromabrieb bei der Funkenerosion) ist es häufig erforderlich oder zweckmäßig, die genannten eingepprägten Ströme zu pulsieren, d.h. den Stromfluß in gewissen Zeitabschnitten gänzlich zu unterbrechen.

Der Stand der Technik soll anhand von zwei Beispielen beschrieben werden, nämlich an je einer Stromquelle für die Funkenerosion einerseits und das Elektroschweißen andererseits.

Bei der Werkstoffabtragung durch Funkenerosion wird gemäß der Darstellung in Fig. 1 die als Verbraucherzweipol (1) fungierende Entladungsstrecke (2) zunächst aus einer Gleichspannungsquelle (3), welche die Spannung U_0 aufweist, unter Zwischenschaltung eines Vorwiderstandes R_v (4) mit einem Gleichstrom I versorgt. Die Spannung U_0 der Gleichspannungsquelle (3) muß zur Einleitung dieses Vorgangs größer sein als die Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (2). Nach erfolgter Zündung der Entladungsstrecke (2) geht die Spannung an dieser auf die sogenannte Brenns spannung U_x zurück, welche nur einen geringen Bruchteil der Zündspannung ausmacht. Dies hat zur Folge, daß über die Entladungsstrecke (2) dann ein praktisch konstanter, von gewissen Schwankungen der kleinen Brenns spannung U_x weitgehend unabhängiger, also eingepprägter Gleichstrom I fließt. Der eigentliche Materialabtrag an der Entladungsstrecke (2) erfolgt dann, wenn dieser Gleichstrom I unterbrochen wird, was zu diesem Zweck schnellstmöglich zu geschehen hat. Dazu wird parallel zur Entladungsstrecke (2) ein elektronischer Einwegschalter, der sogenannte Kurzschlußschalter (5), z.B. ein Bipolar- oder ein Feldeffekt-Transistor geschaltet, der solange in seinen leitenden Zustand versetzt wird und dabei den durch den Vorwiderstand R_v (4) fließenden Strom übernimmt, wie der die Entladungsstrecke (2) durchsetzende Strom I unterbrochen werden soll.

Die Nachteile dieser sehr verbreiteten Anordnung sind evident. Zum einen wird im genannten Vorwiderstand R_v (4) ein Vielfaches der Nutzleistung $P_N = U_x \times I$ in Verlustwärme umgesetzt, woraus ein sehr hoher Energiebedarf und eine massive thermische Beanspruchung des gesamten Geräts resultiert. Zum anderen ist zur Einstellung des Gleichstromes I auf den momentan erwünschten Wert eine Veränderung des Vorwiderstandes R_v (4) erforderlich, womit ein erheblicher Aufwand und üblicherweise auch eine unerwünschte Zeitverzögerung einhergehen.

Der erste Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, diese beiden Nachteile dadurch zu vermeiden, daß die aus der Gleichspannungsquelle U_0 (3) und dem Vorwiderstand R_v (4) bestehende verlustbehaftete Gleichstromquelle durch eine getaktete, potentialgebundene Gleichstromquelle ohne prinzipbedingte Verluste, einen sogenannten Gleichstromtiefsetzsteller mit eingepprägtem Ausgangsstrom ersetzt wird. Die dann entstehende Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Spannung U_0 der dort enthaltenen Gleichspannungsquelle (6) muß nur noch geringfügig größer sein als die mittlere Brenns spannung U_x des Arbeitsspaltes (2). Der Tiefsetzsteller, im weiteren Eingangstiefsetzsteller (7) genannt, besteht aus einem elektronischen Einwegschalter (8), einer Speicherdrossel (9) und einer Freilaufdiode (10). Der durch die Speicherdrossel (9)

fließende Strom I_d nimmt ausgangsseitig seinen Weg über den Kurzschlußschalter (5), wenn dieser leitend ist und er fließt ausgangsseitig über die Entladungsstrecke (2), wenn der Kurzschlußschalter (5) gesperrt. Eingangsseitig fließt der Drosselstrom I_d über die Gleichspannungsquelle (6) und den elektronischen Einwegschalter (8), wenn dieser leitend ist. Wenn der elektronische Einwegschalter (8) gesperrt, fließt der Drosselstrom I_d eingangsseitig über die Freilaufdiode (10). Bei leitendem Einwegschalter (8) steigt der Drosselstrom I_d infolgedessen an, bei gesperrtem Einwegschalter (8) nimmt er ab. Damit läßt sich der Drosselstrom I_d über eine geeignete Wahl des Verhältnisses von mittlerer Ein- zu mittlerer Ausschaltedauer des Einwegschalters (8) auf den gewünschten, mittleren Wert einstellen.

Es sei angenommen, daß zu Beginn der folgenden Betrachtung der Drosselstrom in der beschriebenen Weise auf den gewünschten Mittelwert I_d eingestellt ist und daß dieser Drosselstrom ausgangsseitig vom Kurzschlußschalter (5) geführt wird. Wird im Anschluß daran der Kurzschlußschalter (5) gesperrt, so steigt die Spannung an der Entladungsstrecke (2) sehr rasch auf hohe Werte an. Für die weitere Abfolge gibt es zwei Möglichkeiten. Wird die Entladungsstrecke (2) rasch und in ausreichendem Maße leitfähig, so geht die Spannung an der Entladungsstrecke (2) nach deren erfolgter Zündung rasch wieder auf die Brennspannung U_x der Entladungsstrecke zurück. Wird die Entladungsstrecke (2) dagegen nicht genügend schnell oder nicht in ausreichendem Maße leitfähig, so steigt die Spannung an der Entladungsstrecke (2) und damit am Verbraucherzweipol (1) sowie am Kurzschlußschalter (5) auf so hohe Werte an, daß entweder dieser, üblicherweise als Transistor ausgeführte Kurzschlußschalter (5) zerstört wird oder daß es zu unerwünschten äußeren Überschlügen am Verbraucherzweipol (1) kommt.

Diese Problematik ist so gravierend, daß sie einen Einsatz der bisher beschriebenen Anordnung mit einem Gleichstromtiefsetzsteller im Eingangskreis in der Praxis ausschließt.

An dieser Stelle greift daher der zweite Grundgedanke der vorliegenden Erfindung an.

Er besteht zunächst darin, die Spannung am Verbraucherzweipol (1) und damit auch am Kurzschlußschalter (5) auf einen Wert zu limitieren, der größer ist als die Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (1), aber kleiner ist als die Durchbruchspannung des Kurzschlußschalters (5) und auch kleiner ist als jene Grenzspannung, bei welcher es im Verbraucherzweipol zu schädlichen äußeren Überschlügen kommt.

Eine Anordnung zur Funkenerosion, die auch von diesem zweiten Grundgedanken Gebrauch macht ist in Fig. 3 dargestellt.

Sie geht aus der in Fig. 2 dargestellten Anordnung hervor, wenn in letzterer an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) zusätzlich noch eine Zenerdiode (11) angeschlossen wird. Die Ansprechspannung U_A dieser Zenerdiode (11) wird größer gewählt als die Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (2), aber kleiner als die Durchbruchspannung des Kurzschlußschalters (5) und auch kleiner als jene Grenzspannung, bei welcher es am Verbraucherzweipol zu schädlichen äußeren Überschlügen kommt.

Wenn nun in dieser Anordnung nach Fig. 3 der Kurzschlußschalter (5) gesperrt wird, so steigt die Spannung an der Entladungsstrecke (2) nur bis auf die Ansprechspannung U_A der Zenerdiode (11) an. Im Anschluß daran fließt der Drosselstrom I_d nicht mehr über den Kurz-

schlußschalter (5) sondern über die Zenerdiode (11) und am Verbraucherzweipol (1) liegt mit der Ansprechspannung U_A der Zenerdiode (11) eine Spannung an, die größer ist als die Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (2). Dieser Zustand währt solange, bis die Entladungsstrecke (2) so weit leitfähig geworden ist, daß sie den vollen Drosselstrom I_d mit einer Spannung führen kann, die kleiner ist als die Ansprechspannung U_A der Zenerdiode (11). Wird die Entladungsstrecke (2) aus irgendwelchen Gründen nicht oder nur in geringerem Maße leitend, so führt die Zenerdiode solange Strom, bis der Kurzschlußschalter (5) wieder in seinen leitenden Zustand versetzt wird.

Auf diese Weise wird in der Anordnung nach Fig. 3 der Verbraucherzweipol (1) mit einem begrenzten Strom I versorgt, weil dieser maximal den Wert des Drosselstromes I_d annehmen kann und dazuhin ist auch die Spannung am Verbraucherzweipol (1) begrenzt, da diese maximal den Wert der Ansprechspannung U_A der Zenerdiode (11) annehmen kann. Auf diese Weise liegen für die der Funkenerosion dienende Entladungsstrecke (2) praktisch ideale Verhältnisse vor.

Die Anordnung nach Fig. 3 weist aber auch noch zwei gravierende Nachteile auf.

Zum ersten kann die maximal am Verbraucherzweipol (1) und am Kurzschlußschalter (5) liegende Spannung nicht fein dosiert eingestellt werden, da sie durch die Ansprechspannung der Zenerdiode (11) gegeben ist und damit nur durch ein Auswechseln der letztgenannten verändert werden kann.

Zum zweiten nimmt die elektrische Leistung, welche in der Anordnung nach Fig. 3 der Zenerdiode (11) zugeführt und dort in Verlustwärme umgesetzt wird, so hohe Werte an, daß sowohl die damit einhergehenden Leistungsverluste als auch die damit verbundene thermische Beanspruchung der Zenerdiode (11) und ihrer Kühleinrichtung nicht toleriert werden können.

An dieser Stelle greift daher der dritte Grundgedanke der vorliegenden Erfindung an. Gemäß der Darstellung in Fig. 4 besteht er zunächst darin, daß ausgehend von der zuletzt beschriebenen Anordnung die in dieser enthaltene Zenerdiode (11) entfernt und statt deren ein Puffernetzwerk (12) eingefügt wird, welches aus der Reihenschaltung einer Diode, der sogenannten Pufferdiode (13) und eines Kondensators, des sogenannten Pufferkondensators (14) besteht, wobei die Pufferdiode (13) so gepolt ist, daß sie auch bei leitendem Kurzschlußschalter (5) ein Abfließen von Ladung aus dem Pufferkondensator (14) durch den über sie führenden Pfad verhindert. Jene Energie, welche dem Pufferkondensator (14) dann zufließt, wenn im Anschluß an ein Öffnen des Kurzschlußschalters (5) der Verbraucherzweipol (1) nicht oder noch nicht genügend leitfähig ist, wird dem Pufferkondensator (14) über einen, vorzugsweise potentialgebundenen Gleichstromsteller, den sogenannten Rückspeisesteller (15) wieder entnommen und in die genannte Gleichspannungsquelle (6) zurückgespeist und zwar derart, daß die Spannung am Pufferkondensator (14) über eine geeignete Beeinflussung des Rückspeisestellers (15) auf einen vorzugsweise konstanten Sollwert eingeregelt wird, der größer ist als die Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (2), aber kleiner als die Durchbruchspannung des Kurzschlußschalters (5) und auch kleiner als jene Grenzspannung, bei welcher es am Verbraucherzweipol (1) zu schädlichen äußeren Überschlügen kommt.

Damit sind die beiden Nachteile der Anordnung nach Fig. 3 ebenfalls behoben. Zum einen ist die am Verbrau-

cherzweipol (1) und am Kurzschlußschalter (5) anliegende Maximalspannung nun fein dosiert einstellbar, was auch den Einsatz von empfindlichen elektronischen Schaltern, wie z.B. von Feldeffekttransistoren mit geringen Spannungsreserven, als Kurzschlußschalter erlaubt. Zum anderen sind die Leistungsverluste und damit auch die thermische Beanspruchung des Geräts auf ein Mindestmaß beschränkt.

In der in Fig. 4 dargestellten Anordnung wird der Verbraucherzweipol (1) also unter Vermeidung der genannten Nachteile mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem Gleichstrom gespeist, wobei eine einstellbare Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol (1) und am verwendeten elektronischen Einwegschalter, dem sogenannten Kurzschlußschalter (5) gegeben ist.

Um deutlich zu machen, daß der in Fig. 4 enthaltene Rückspeisesteller (15) ebenfalls sehr einfach realisiert werden kann, ist in Fig. 5 die Anordnung nach Fig. 4 nochmals dargestellt, mit dem Unterschied, daß in dieser Fig. 5 der Rückspeisesteller nicht nur schematisch gezeichnet sondern beispielhaft als potentialverbindender Gleichstromtiefsetzsteller (16), bestehend aus dessen elektronischem Einwegschalter (17), dessen Freilaufdiode (18) und dessen Speicherdrossel (19) detailliert dargestellt ist.

Wie bereits angedeutet, erfolgt der eigentliche Materialabtrag bei einer Funkenerosionsanlage beim Abreißen (Nullwerden) des Stromes durch den Verbraucherzweipol (1), welches mit einem möglichst hohen Betrag der Stromänderungsgeschwindigkeit, also möglichst abrupt erfolgen sollte.

Dazu kann es vorteilhaft sein, daß in Abweichung von der bisher beschriebenen erfindungsgemäßen Einrichtung dann, wenn der Kurzschlußschalter (5) leitend ist und infolgedessen dem Verbraucherzweipol (1) kein Strom zugeführt wird, die am Verbraucherzweipol (1) liegende Spannung nicht den Wert Null, sondern einen hiervon verschiedenen Wert annimmt, derart, daß jener Anschluß des Verbraucherzweipols (1), durch den bei gesperrtem Kurzschlußschalter (5) der Strom in den Verbraucherzweipol (1) eintritt, ein geringeres elektrisches Potential aufweist als der andere Anschluß des Verbraucherzweipols (1). Um dies zu erreichen muß in der bisherigen, durch Fig. 4 beschriebenen erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung nur eine Änderung derart vorgenommen werden, daß in Abweichung von der Darstellung in Fig. 4 nur einer der beiden Anschlüsse des Verbraucherzweipols (1) mit einer der beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) verbunden wird und zwar mit jener, an welche die im Eingangstiefsetzsteller (7) enthaltene Speicherdrossel (9) direkt angeschlossen ist und daß der dann verbleibende Anschluß des Verbraucherzweipols (1) mit einem Zwischenabgriff (20) der speisenden Gleichspannungsquelle (6) direkt verbunden ist. Die dieserart entstehende Anordnung ist in Fig. 6 dargestellt. Bei ihr kann in bestimmten Fällen nun die Gefahr drohen, daß dann, wenn der dort enthaltene Kurzschlußschalter (5) leitend ist und daher jener Anschluß des Verbraucherzweipols (1), durch den bei gesperrtem Kurzschlußschalter (5) der Strom in den Verbraucherzweipol (1) eintritt, ein geringeres elektrisches Potential aufweist als der andere Anschluß des Verbraucherzweipols (1), die Entladungsstrecke "rückwärts" leitend wird, also einen Strom in der entgegengesetzten Richtung führt wie bei gesperrtem Kurzschlußschalter (5).

Dies kann in einfacher Weise dadurch verhindert

werden, daß in die durch Fig. 6 beschriebene Anordnung gemäß der Darstellung in Fig. 7 in Serienschaltung zur Entladungsstrecke (2) eine Sperrdiode (21) eingefügt wird, welche so gepolt ist, daß sie nur einen Strom in jener Richtung durch den Verbraucherzweipol (1) zuläßt, wie er sich bei gesperrtem Kurzschlußschalter (5) auszubilden sucht.

Nach dieser Beschreibung des Standes der Technik an einem Beispiel aus der Funkenerosion und der im Anschluß daran erfolgten Erläuterung der Funktion der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung im Rahmen der dabei vorliegenden Problemstellung soll im folgenden, entsprechend der eingangs gemachten Ankündigung, die Beschreibung des Standes der Technik anhand eines Beispiels aus dem Elektroschweißen vorgenommen werden.

Beim Elektroschweißen ist der Stand der Technik dadurch gekennzeichnet, daß gemäß der Darstellung in Fig. 8 die als Verbraucherzweipol (1) fungierende Entladungsstrecke (2) unter Zwischenschaltung eines potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers (22) und einer Glättungsdrossel (23) aus einer Gleichspannungsquelle (6), welche die Spannung U_q aufweist, gespeist wird.

Der Gleichstromdurchflußwandler (22) dient zum einen zur Potentialtrennung, zum zweiten zur Anpassung des niedrigen Impedanzniveaus des Verbraucherzweipols (1) an das zweckmäßigerweise höher gewählte der Gleichspannungsquelle (6) und zum dritten zur Einstellung des gewünschten Mittelwerts des Schweißstromes I .

Zur Ausführung der letztgenannten Aufgabe hat die Ausgangsspannung des Gleichstromdurchflußwandlers (22) während gewisser Zeitintervalle einen bestimmten Maximalwert und in der verbleibenden Zeit den Wert Null aufzuweisen. Aus diesem Grund ist die Glättungsdrossel (23) erforderlich, welche dazu dient, den Ausgangsstrom des Gleichstromdurchflußwandlers (23) zu glätten, d.h. dessen, im Rahmen der Stromregelung auftretende Wechselanteile auf ein Maß zu verringern, welches sowohl seitens des Verbraucherzweipols (1) als auch seitens des Gleichstromdurchflußwandlers (22) selbst toleriert werden kann.

Mit dieser Glättung des Ausgangsstromes I des Gleichstromdurchflußwandlers (22) durch die Glättungsdrossel (23) geht jedoch auch eine höchst unerwünschte Erscheinung einher. Soll nämlich bei dieser, in Fig. 8 dargestellten Anordnung zum Ablösen von Tropfen von der Schweißelektrode der Strom durch den Verbraucherzweipol (1) gepulst, d.h. in gewissen Zeitabschnitten plötzlich ganz unterbrochen und anschließend schnellstmöglich wieder aufgebaut werden, so steht die Glättungsdrossel (23) einem solchen Vorhaben hindernd im Wege.

Bei jeder Zurücknahme des Stromes I durch den Verbraucherzweipol auf den Wert Null muß nämlich die gesamte, im Magnetfeld der Glättungsdrossel (23) gespeicherte Energie voll abgebaut werden, was naturgemäß nicht schlagartig erfolgen kann, da die zur Verfügung stehende Leistung begrenzt ist. Wenn im Anschluß daran der Strom I wieder auf seinen vollen Wert gebracht werden soll, muß in analoger Weise die in das Magnetfeld der Glättungsdrossel (23) einzuspeichernde Energie wieder voll aufgebaut werden, was naturgemäß ebenfalls nicht schlagartig erfolgen kann.

Bei der in Fig. 8 dargestellten, den neuesten Stand der Technik kennzeichnenden Anordnung ist ein Pulsen des Stromes I durch den Verbraucherzweipol (1) in der ge-

wünschten Weise, mit extrem steilem Stromabfall und anschließend entsprechend steilem Stromanstieg vom Prinzip her nicht möglich. Ein Pulsen des Stromes I durch den Verbraucherzweipol (1) kann mit dieser Anordnung also nur näherungsweise mit verhältnismäßig langsamem Stromabfall und entsprechend langsamem Stromanstieg realisiert werden, was bedeutet, daß auch nur bescheidene Wiederholfrequenzen dieses Vorgangs möglich sind.

Diese Nachteile werden vermieden, wenn gemäß der Darstellung in Fig. 9, unter Nutzung des Grundkonzeptes der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung die nachstehend beschriebene Anordnung aufgebaut wird. In dieser ist der speisenden Gleichspannungsquelle (6) mit der Spannung U_0 zunächst ein potentialgebundener Tiefsetzsteller mit eingepprägtem Ausgangsstrom, der sogenannte Eingangstiefsetzsteller (7) nachgeschaltet, dessen beide Ausgangsklemmen über einen elektronischen Einwegschalter, den bereits vorgestellten Kurzschlußschalter (5) überbrückt sind.

Zur Anpassung des Impedanzniveaus der als Verbraucherzweipol (1) fungierenden Entladungsstrecke (2) an jenes der speisenden Gleichspannungsquelle (6) ist in dieser Anordnung der Verbraucherzweipol (1) nicht direkt, sondern unter Zwischenschaltung eines potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) an die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) angeschlossen. Die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) werden hier jeweils zur gleichen Zeit gegensinnig umgeschaltet, so daß dieser Gleichstromdurchflußwandler (24) lediglich als Transformator für Ströme beliebiger Frequenz, inclusive der Frequenz Null, d.h. als sogenannter "Gleichstromtransformator" fungiert.

An die beiden Ausgangsklemmen des Eingangstiefsetzstellers (7) ist außerdem wieder ein Puffernetzwerk (12) angeschlossen, welches, aus der Reihenschaltung einer Diode, der bereits vorgestellten Pufferdiode (13) und eines Kondensators, des bereits vorgestellten Pufferkondensators (14) besteht. Dabei ist die Pufferdiode (13) so gepolt, daß sie, auch bei leitendem Kurzschlußschalter ein Abfließen von Ladung aus dem Pufferkondensator (14) über den durch sie gebildeten Pfad verhindert. Jene Energie, welche dem Pufferkondensator (14) dann zufließt, wenn im Anschluß an ein Öffnen des Kurzschlußschalters (5) der Verbraucherzweipol (1) nicht oder noch nicht genügend leitfähig ist, wird in der bereits vorgestellten Weise dem Pufferkondensator (14) über einen, vorzugsweise potentialgebundenen Gleichstromsteller, den bereits vorgestellten Rückspeisesteller (15) wieder entnommen und in die vorgenannte Gleichspannungsquelle (6) zurückgespeist, derart, daß die Spannung am Pufferkondensator (14) über eine geeignete Beeinflussung des Rückspeisestellers (15) auf einen, vorzugsweise konstanten, Sollwert eingeregelt wird.

Auch in dieser Anordnung wird der eingepprägte Gleichstrom, mit welchem der Verbraucherzweipol (1) versorgt werden soll, über eine geeignete Beeinflussung des Eingangstiefsetzstellers (7) auf den gewünschten Wert eingestellt. Wenn dieser, durch den Eingangstiefsetzsteller (7) eingepprägte Gleichstrom, durch den potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandler in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) geeignet übersetzt, dem Verbraucherzweipol (1) zufließen soll, wird der Kurzschlußschalter (5) in geöffnetem Zustand gehalten. Wenn dagegen der durch den Eingangstiefsetzsteller (7)

eingepprägte Gleichstrom v m Verbraucherzweipol (1) ferngehalten werden soll, wird der Kurzschlußschalter (5) in geschlossenem Zustand gehalten.

Mit der vorstehend anhand von Fig. 9 beschriebenen Anordnung ist damit ein Pulsen des Stromes I durch den Verbraucherzweipol (1) in der gewünschten Weise, mit extrem steilem Stromabfall und anschließend entsprechend steilem Stromanstieg ohne Schwierigkeiten möglich, da im Ausgangskreis des potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) keine Glättungsdrossel mehr erforderlich ist, weil deren Funktion in der beschriebenen Weise durch die im Eingangstiefsetzsteller (7) enthaltene Speicherdrossel (9), welche dem Gleichstromdurchflußwandler (24) und dem Kurzschlußschalter vorgeschaltet ist, wahrgenommen wird.

Dem zweiten Grundgedanken der vorliegenden Erfindung folgend, wird die Spannung am Pufferkondensator (14) über eine geeignete Beeinflussung des Rückspeisestellers (15) auf einen vorzugsweise konstanten Sollwert eingeregelt, der größer ist als die auf die Primärseite des Gleichstromdurchflußwandlers (24) übersetzte Zündspannung U_z der Entladungsstrecke (2), aber kleiner ist als jene Spannung am Pufferkondensator (14), bei welcher der Kurzschlußschalter (5) oder die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des Gleichstromdurchflußwandlers (24) durchzubrehen drohen und auch kleiner ist, als jene Grenzspannung, bei welcher es am Verbraucherzweipol zu schädlichen äußeren Überschlügen kommt. Damit ist die am Verbraucherzweipol (1), am Kurzschlußschalter (5) und an den beiden elektronischen Einwegschaltern (25) und (26) des Gleichstromdurchflußwandlers (24) anliegende Maximalspannung nun fein dosiert einstellbar, was auch den Einsatz von empfindlichen elektronischen Einwegschaltern, wie z.B. von Feldeffekttransistoren mit geringen Spannungsreserven an diesen Stellen erlaubt. Dank des dabei genutzten dritten Grundgedankens der vorliegenden Erfindung sind auch die Leistungsverluste und, damit einhergehend, die thermische Beanspruchung des Geräts auf ein Mindestmaß beschränkt.

In der in Fig. 9 dargestellten Anordnung wird der Verbraucherzweipol (1) also unter Vermeidung bisher bekannter Nachteile in potentialgetrennter und in einer, durch den im Gleichstromdurchflußwandler (24) enthaltenen Transformator (27) im Impedanzniveau geeignet angepaßter Weise mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem Gleichstrom gespeist, wobei eine einstellbare Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol (1) und an den im Kurzschlußschalter (5) sowie im Gleichstromdurchflußwandler (24) enthaltenen elektronischen Einwegschaltern gegeben ist.

Nach dieser Beschreibung des Standes der Technik an einem Beispiel aus dem Elektroschweißen und der im Anschluß daran vorgenommenen Erläuterung der Funktion der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung im Rahmen der dabei vorliegenden Problemstellung sollen im folgenden einige weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Versorgung eines Verbraucherzweipols mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem Gleichstrom oder eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem, blockförmigem Wechselstrom mit einstellbarer Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol und an den verwendeten elektronischen Einwegschaltern beschrieben werden.

Für höhere Übertragungsleistungen oder zur Sicherstellung einer um den Faktor 2 geringeren Spannungs-

beanspruchung der im verwendeten Gleichstromdurchflußwandler eingesetzten elektronischen Einwegschalter kann es vorteilhaft sein, den in der Anordnung nach Fig. 9 enthaltenen potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandler in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) dort herauszunehmen und durch einen potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandler in einphasiger Vollbrückenschaltung (28) zu ersetzen.

Die dann entstehende Anordnung ist in Fig. 10 dargestellt. Der darin enthaltene potentialtrennende Gleichstromdurchflußwandler in einphasiger Vollbrückenschaltung (28) besteht aus vier elektronischen Einwegschaltern (29), (30), (31) und (32), die als einphasige Vollbrücke geschaltet sind, einem dieser Vollbrücke nachgeschalteten Transformator (33) und einem diesem Transformator (33) nachgeschalteten Gleichrichter (34) (der sowohl in Brücken- als auch in Mittelpunktschaltung ausgeführt sein kann). Diesem potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandler in einphasiger Vollbrückenschaltung (28) ist dann wieder die als Verbraucherzweipol (1) fungierende Entladungsstrecke (2) nachgeschaltet.

Die Funktion dieser, anhand von Fig. 10 vorgestellten Anordnung entspricht, von außen gesehen, völlig derjenigen, welche in Fig. 9 dargestellt ist.

Wie eingangs dieser Beschreibung dargelegt wurde, besteht in der modernen Technik in zunehmendem Maße auch der Bedarf, einen Verbraucherzweipol, z.B. die anregende Entladungsstrecke eines Werkstoffbearbeitungslasers, mit eingepprägtem, jedoch unterbrechbarem, blockförmigem Wechselstrom zu speisen, wobei, wie in den bisher beschriebenen Beispielen, eine einstellbare Begrenzung der Spannungen am Verbraucherzweipol und an den verwendeten elektronischen Einwegschaltern möglich sein sollte.

Unter Nutzung der vorteilhaften Eigenschaften der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann dies zum einen dadurch geschehen, daß in der in Fig. 9 dargestellten Anordnung der ausgangsseitige Gleichrichter (34) des dort enthaltenen potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Mittelpunktschaltung (24) fortgelassen und der Verbraucherzweipol (1) direkt an die beiden Außenklemmen der Sekundärwicklung des Transformators (27) des dann verbleibenden potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) angeschlossen wird. Die dann entstehende Anordnung ist in Fig. 11 dargestellt. Solange dort der Kurzschlußschalter (5) in seinem leitenden Zustand gehalten wird, führt dieser Kurzschlußschalter (5) den Ausgangsstrom I_d des Eingangstiefsetzstellers (7). Infolgedessen fließt dann kein Strom zum Eingang des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35), was zur Folge hat, daß auch der Ausgangsstrom des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35), der in dieser Anordnung mit dem Strom I durch den Verbraucherzweipol (1) identisch ist, den Wert Null annimmt.

Sofern in der Anordnung nach Fig. 11 der Kurzschlußschalter (5) in seinem sperrenden Zustand gehalten wird, fließt der eingepprägte Ausgangsstrom I_d des Eingangstiefsetzstellers (7) solange zum Eingang des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35), wie die Eingangsspannung dieses Wechselrichters (35) kleiner ist als die Spannung am sogenannten Pufferkondensat r (14). Dies hat zur Folge, daß der Wechselrichter (35) über seinen Ausgang solange einen eingepprägten, blockförmigen Wechselstrom I durch den Verbraucherzweipol (1) schickt, wie

die auf die Eingangsseite des potentialtrennenden Wechselrichters (35) umgerechnete Ausgangsspannung desselben kleiner ist, als die Spannung am Pufferkondensat r (14). Bei noch weiter ansteigender Impedanz des Verbraucherzweipols (1) wird dieser dann nicht mehr mit eingepprägtem blockförmigem Wechselstrom, sondern in der gewünschten Weise mit einer eingepprägten, blockförmigen Wechselspannung versorgt.

Für höhere Übertragungsleistungen oder zur Sicherstellung einer um den Faktor 2 geringeren Spannungsbeanspruchung der im verwendeten potentialtrennenden Wechselrichter eingesetzten elektronischen Einwegschalter kann es wieder vorteilhaft sein, den in der Anordnung nach Fig. 11 enthaltenen potentialtrennenden Wechselrichter in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) dort herauszunehmen und durch einen potentialtrennenden Wechselrichter in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) zu ersetzen. Die dann entstehende Anordnung ist in Fig. 12 dargestellt. Diese Anordnung geht auch aus der in Fig. 10 dargestellten Anordnung hervor, wenn in der letztgenannten der ausgangsseitige Gleichrichter (34) des dort enthaltenen potentialtrennenden Gleichstromdurchflußwandlers in einphasiger Vollbrückenschaltung (28) fortgelassen und der Verbraucherzweipol (1) direkt an die beiden Ausgangsklemmen der Sekundärwicklung des Transformators (33) des dann verbleibenden potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) angeschlossen wird.

Die Funktion dieser, anhand von Fig. 12 vorgestellten Anordnung entspricht, von außen gesehen, völlig derjenigen, welche in Fig. 11 dargestellt ist.

Bei sorgfältiger Betrachtung von Fig. 12 wird deutlich, daß dann, wenn dort seitens des Verbrauchers (1) auf eine Potentialtrennung gegenüber der ihn speisenden Anordnung auch verzichtet werden kann, der Transformator (33) des dort enthaltenen potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) in vorteilhafter, weil vereinfachender Weise auch fortgelassen werden kann, sofern der Verbraucherzweipol (1) direkt an die beiden Brückenmittelpunkte (37) und (38) des dann verbleibenden, potentialgebundenen Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (39) angeschlossen wird. Die auf diese Weise entstehende Anordnung ist in Fig. 13 dargestellt. Abgesehen von der fehlenden Potentialtrennung entspricht ihre Funktion, von außen gesehen, völlig derjenigen, welche in Fig. 12 dargestellt ist.

Im folgenden sollen nun noch weitere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung vorgestellt und erläutert werden, welche aus den bisher beschriebenen durch schaltungstechnische Vereinfachungen hervorgehen. Analysiert man zunächst die Aufgabe des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) in den Anordnungen nach Fig. 9 und Fig. 11 etwas genauer, so stellt man fest, daß diese Wechselrichterschaltungen nur dann ihre eigentliche Funktion als Wechselrichter erfüllen müssen, wenn der Kurzschlußschalter (5) in seinem gesperrten Zustand gehalten wird. Wenn der Kurzschlußschalter (5) also umgekehrt in seinem leitenden Zustand gehalten wird, können die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) in beliebige Schaltzustände versetzt werden. Dies legt es nahe, den Kurzschlußschalter (5) in den Anordnungen nach Fig. 9 und Fig. 11 ganz entfallen zu lassen und diesen Kurzschlußschalter (5) in seiner Funktion dadurch zu erset-

zen, daß dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) dauernd eingeschaltet gehalten werden. Dann kann der Ausgangsstrom I_d des Eingangstiefsetzstellers (7) je zur Hälfte über den linken und rechten Teil der Primärwicklung des Transformators (27) fließen.

Da in diesem Zustand die Induktion im Transformator (27) nicht verändert wird, hat die beschriebene Maßnahme denselben Effekt, wie wenn der ursprünglich vorhandene Kurzschlußschalter (5) während dieser Zeit leitend gehalten würde. Da der Kurzschlußschalter (5) während jener Zeit, in welcher er gesperrt gehalten werden müßte, ohnedies keine Funktion wahrzunehmen hat, kann er in den Anordnungen nach Fig. 9 und Fig. 11 damit völlig entfallen.

Als Beispiel für eine Anordnung, die auf diese Weise aus den in Fig. 9 und Fig. 11 dargestellten Schaltungen hervorgeht, zeigt Fig. 14 die in Fig. 9 dargestellte Schaltung, nachdem aus der letztgenannten der Kurzschlußschalter (5) entfernt wurde. Bei ihr werden dann, wenn der Verbraucherzweipol (1) von einem von Null verschiedenen Strom durchflossen werden soll, die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) jeweils für einheitliche Zeitintervalle in gegensinniger Weise ein- und ausgeschaltet, während dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, die beiden elektronischen Einwegschalter (25) und (26) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Mittelpunktschaltung (35) dauernd eingeschaltet bleiben.

Analysiert man nun auch noch die Aufgabe der in den Anordnungen nach Fig. 10, Fig. 12 und Fig. 13 enthaltenen Wechselrichter in einphasiger Vollbrückenschaltung (36 bzw. 39) etwas genauer, so stellt man fest, daß auch diese Wechselrichterschaltungen nur dann ihre eigentliche Funktion als Wechselrichter erfüllen müssen, wenn der Kurzschlußschalter (5) in seinem gesperrten Zustand gehalten wird. Wenn der Kurzschlußschalter (5) also umgekehrt in seinem leitenden Zustand gehalten wird, können die jeweils vier elektronischen Einwegschalter (29), (30), (31) und (32) der Wechselrichter in einphasiger Vollbrückenschaltung (36 bzw. 39) in beliebige Schaltzustände versetzt werden. Dies legt es nahe, den Kurzschlußschalter (5) in den Anordnungen nach Fig. 10, Fig. 12 und Fig. 13 ganz entfallen zu lassen und diesen Kurzschlußschalter (5) in seiner Funktion dadurch zu ersetzen, daß dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, mindestens zwei in Reihe geschaltete elektronische Einwegschalter des Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (36 bzw. 39) dauernd eingeschaltet gehalten werden, daß also dann von den jeweils vier elektronischen Einwegschaltern (29), (30), (31) und (32) des betreffenden Wechselrichters (36 bzw. 39) mindestens eines der beiden Paare (29) und (31) sowie (30) und (32) dauernd eingeschaltet gehalten wird.

Dann kann der Ausgangsstrom I_d des Eingangstiefsetzstellers (7) über mindestens eines dieser beiden Paare von elektronischen Einwegschaltern (29) und (31) sowie (30) und (32) fließen, ohne daß der Verbraucherzweipol (1) hiervon beeinflusst wird. Damit hat die beschriebene Maßnahme denselben Effekt, wie wenn der ursprünglich vorhandene Kurzschlußschalter (5) während dieser Zeit leitend gehalten würde. Da der Kurzschlußschalter (5) während jener Zeit, in welcher er ge-

sperrt gehalten werden müßte, ohnedies keine Funktion wahrzunehmen hat, kann er in den Anordnungen nach Fig. 10, Fig. 12 und Fig. 13 damit völlig entfallen.

Als Beispiel für eine Anordnung, die auf diese Weise aus den in Fig. 10, Fig. 12 und Fig. 13 dargestellten Schaltungen hervorgeht, zeigt Fig. 15 die in Fig. 12 dargestellte Schaltung, nachdem aus der letztgenannten der Kurzschlußschalter (5) entfernt wurde.

Bei ihr werden dann, wenn der Verbraucherzweipol (1) von einem von Null verschiedenen Strom durchflossen werden soll, die vier elektronischen Einwegschalter (29), (30), (31) und (32) des potentialtrennenden Wechselrichters in einphasiger Vollbrückenschaltung (36) jeweils für einheitliche Zeitintervalle ein- und ausgeschaltet, in einer Weise, daß zwei in Reihe geschaltete elektronische Einwegschalter jeweils gegensinnig ein- und ausgeschaltet werden und zwei nebeneinanderliegende, also entweder mit ihren Zuflußelektroden oder mit ihren Abflußelektroden direkt miteinander verbundene elektronische Einwegschalter ebenfalls gegensinnig ein- und ausgeschaltet werden. Umgekehrt wird dann, wenn ein Stromfluß durch den Verbraucherzweipol (1) unterbleiben soll, mindestens eines der beiden Paare von elektronischen Einwegschaltern (29) und (31) sowie (30) und (32) dauernd eingeschaltet gehalten.

- Leerseite -

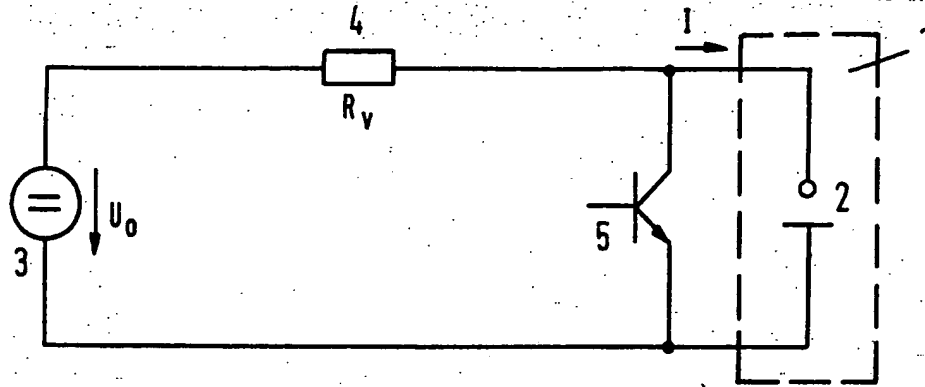


FIG. 1

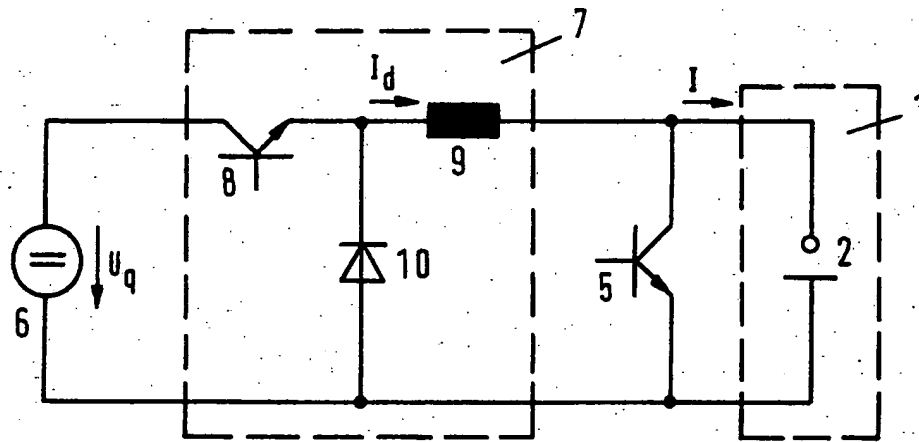


FIG. 2

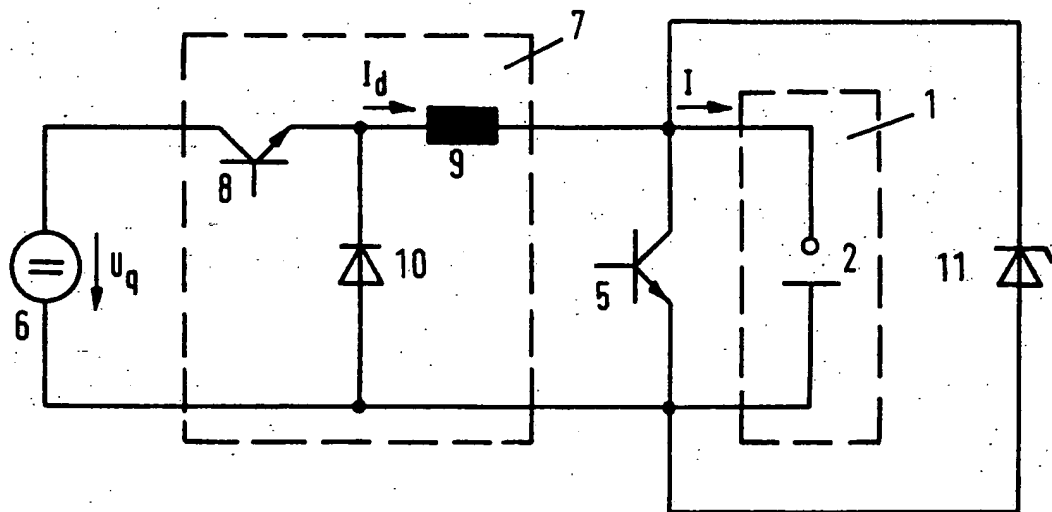


FIG. 3

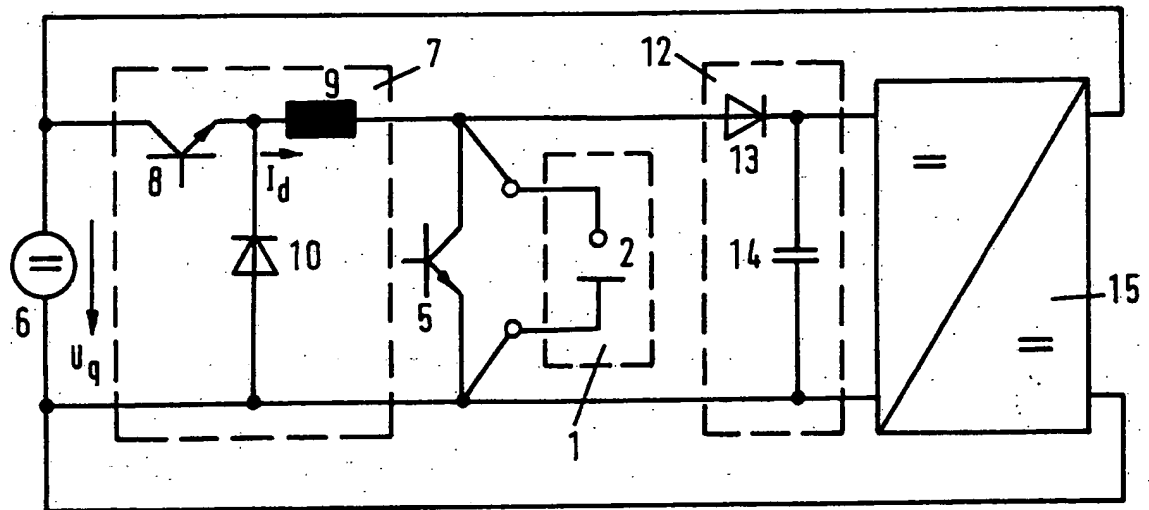


FIG. 4

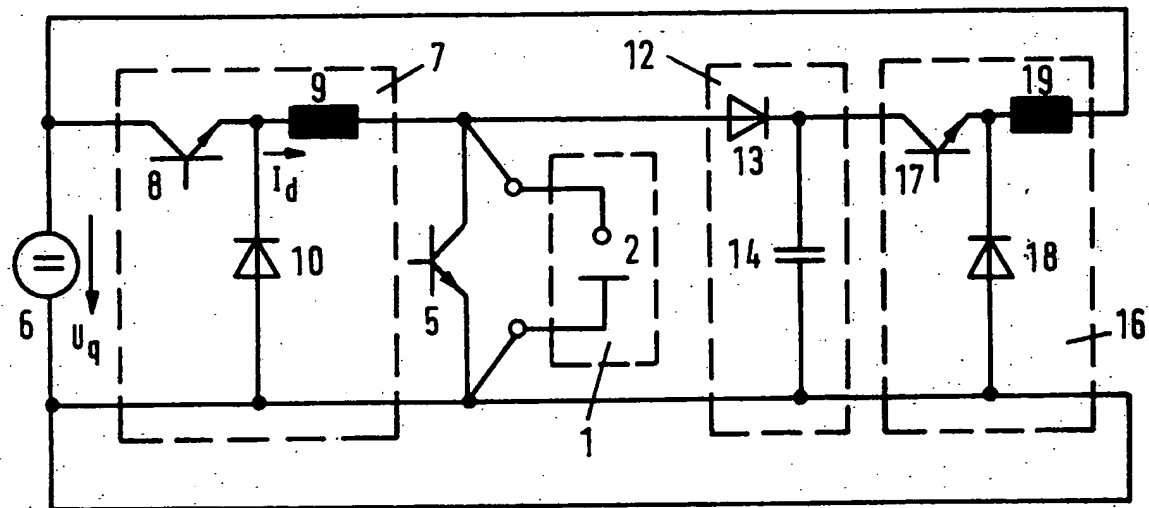


FIG. 5

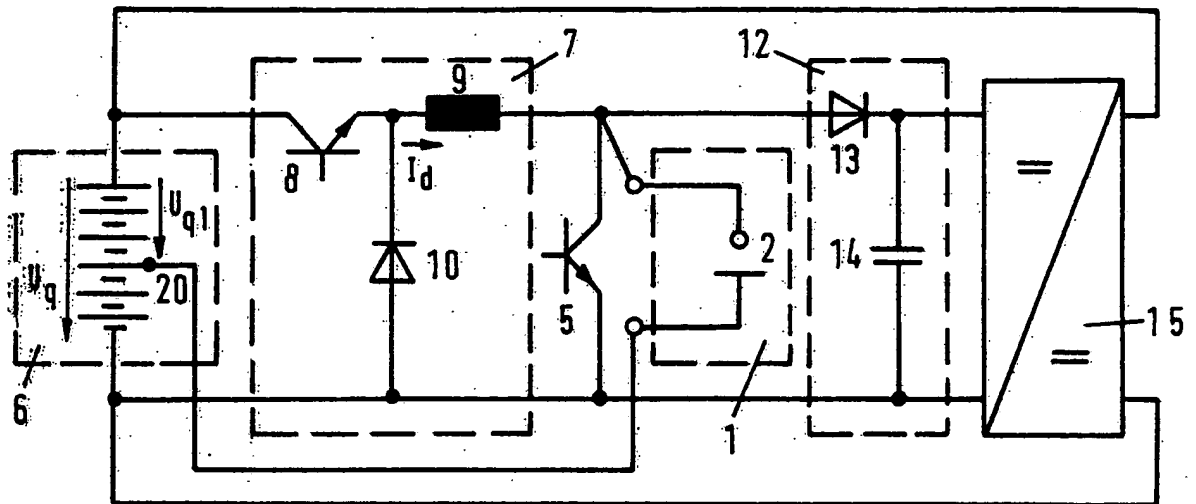


FIG. 6

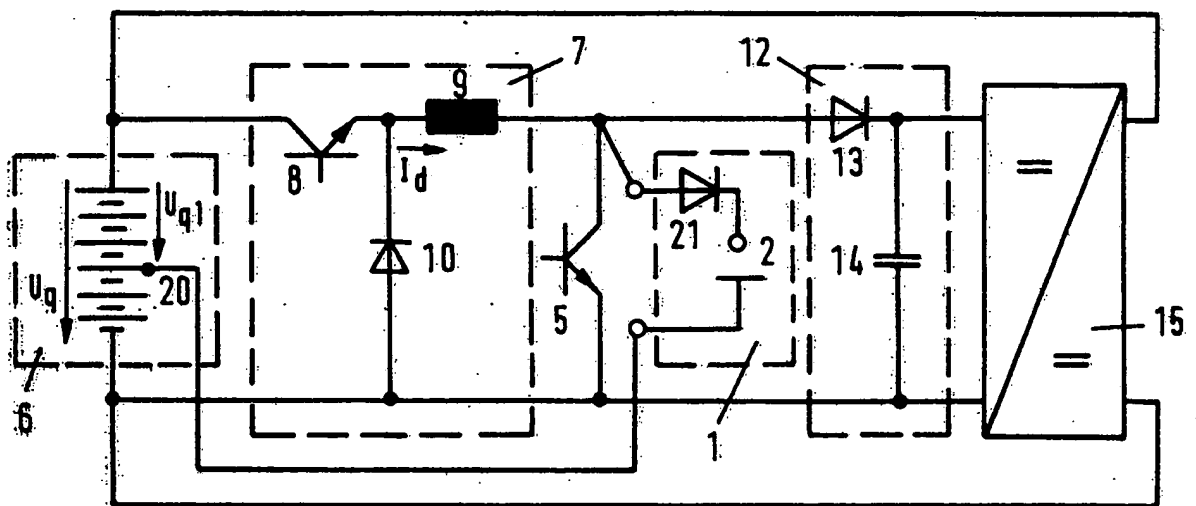
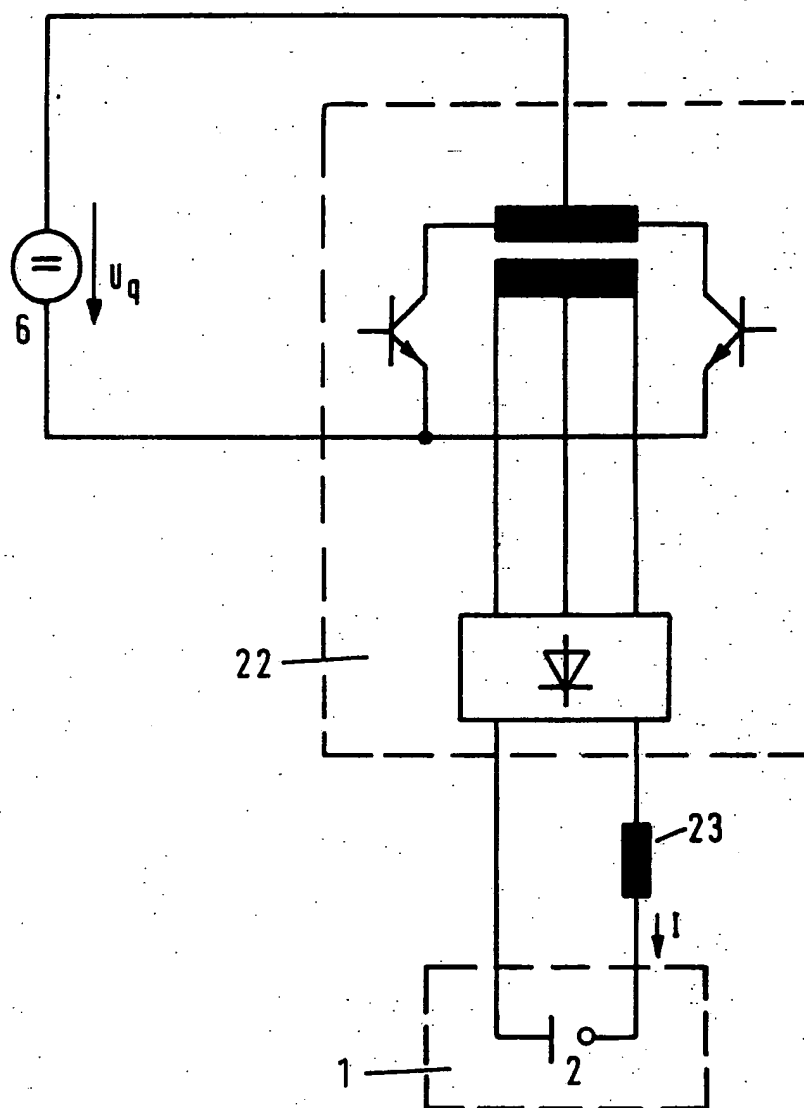


FIG. 7

FIG. 8

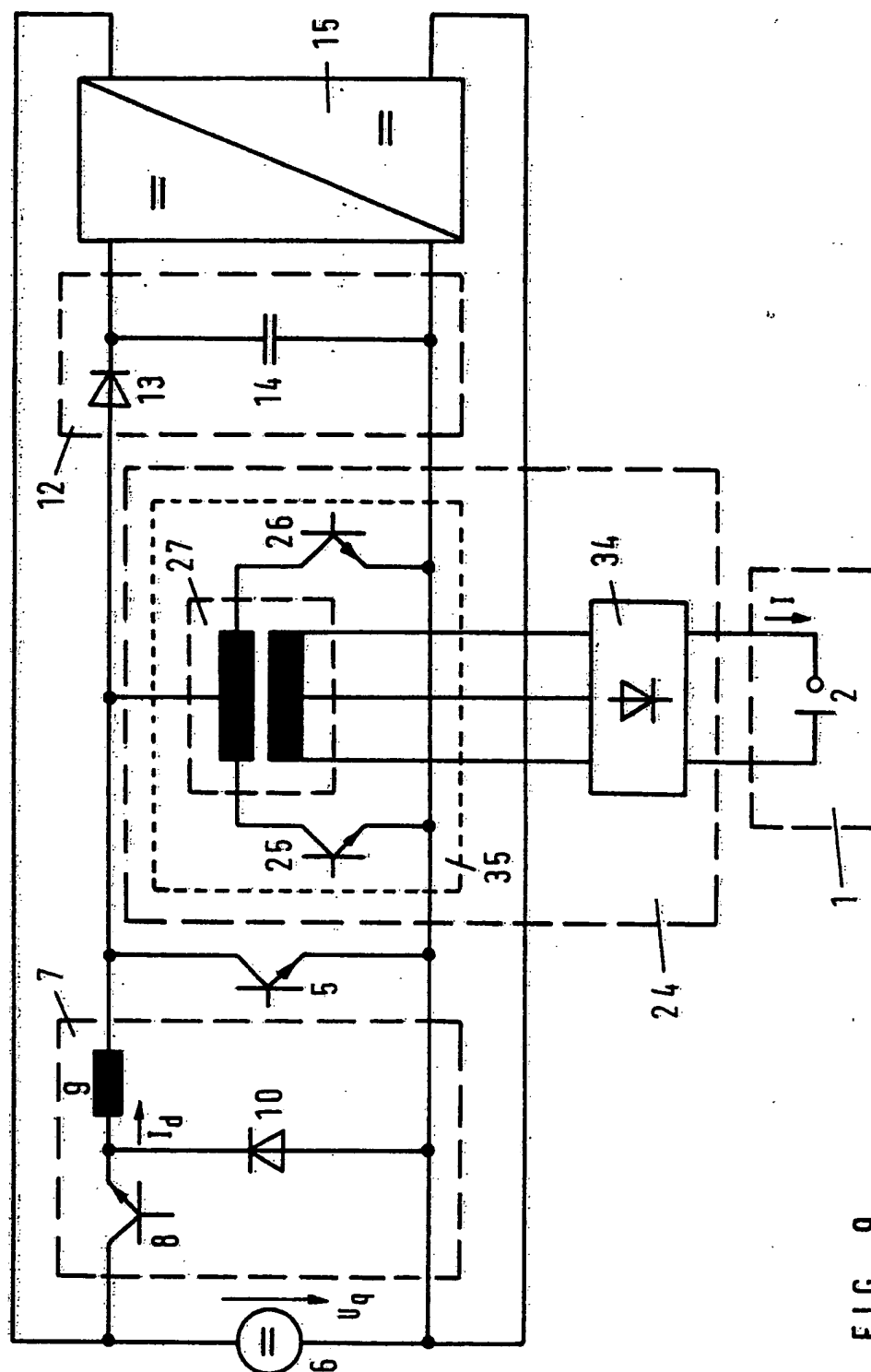


FIG. 9

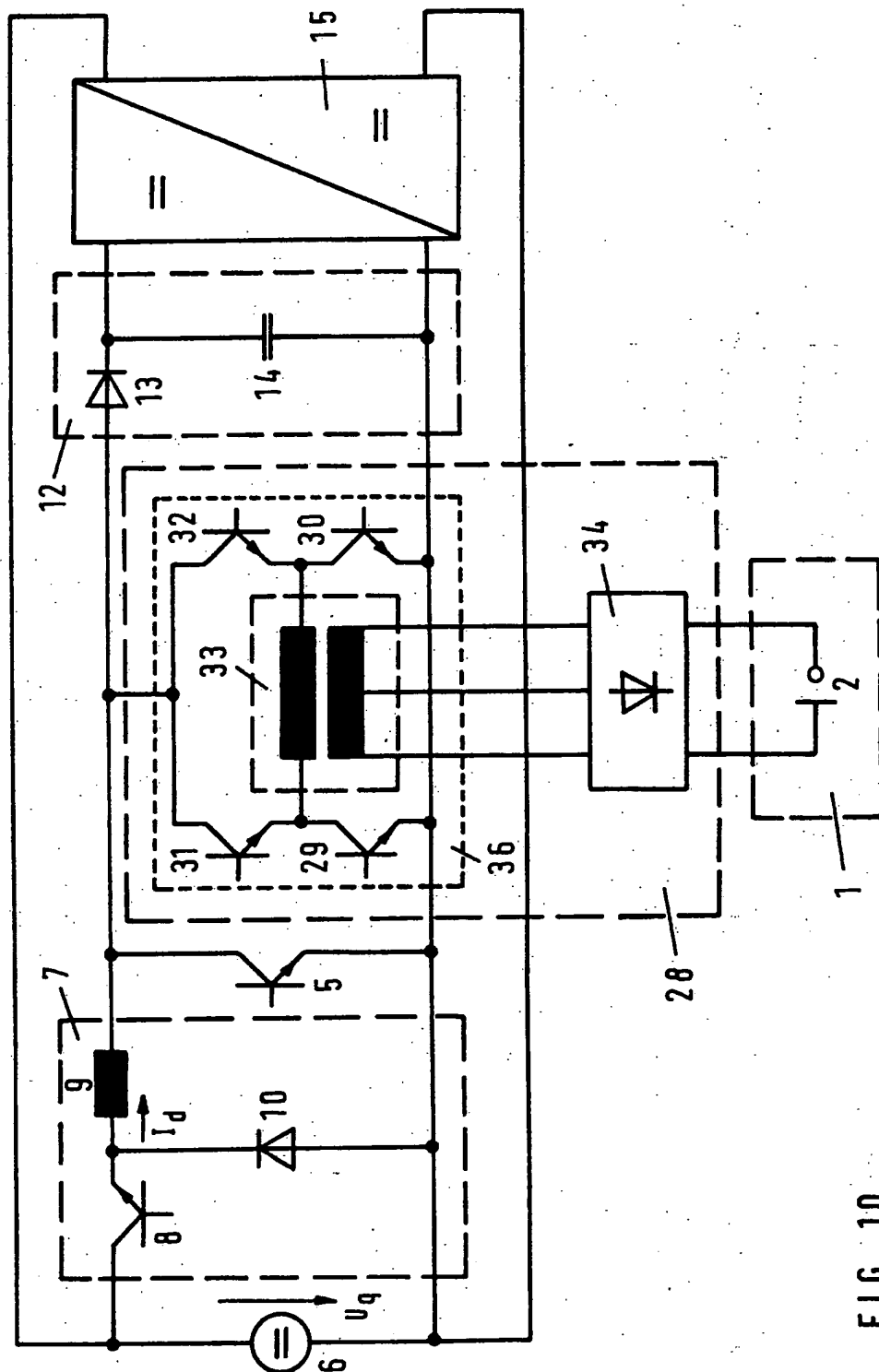


FIG. 10

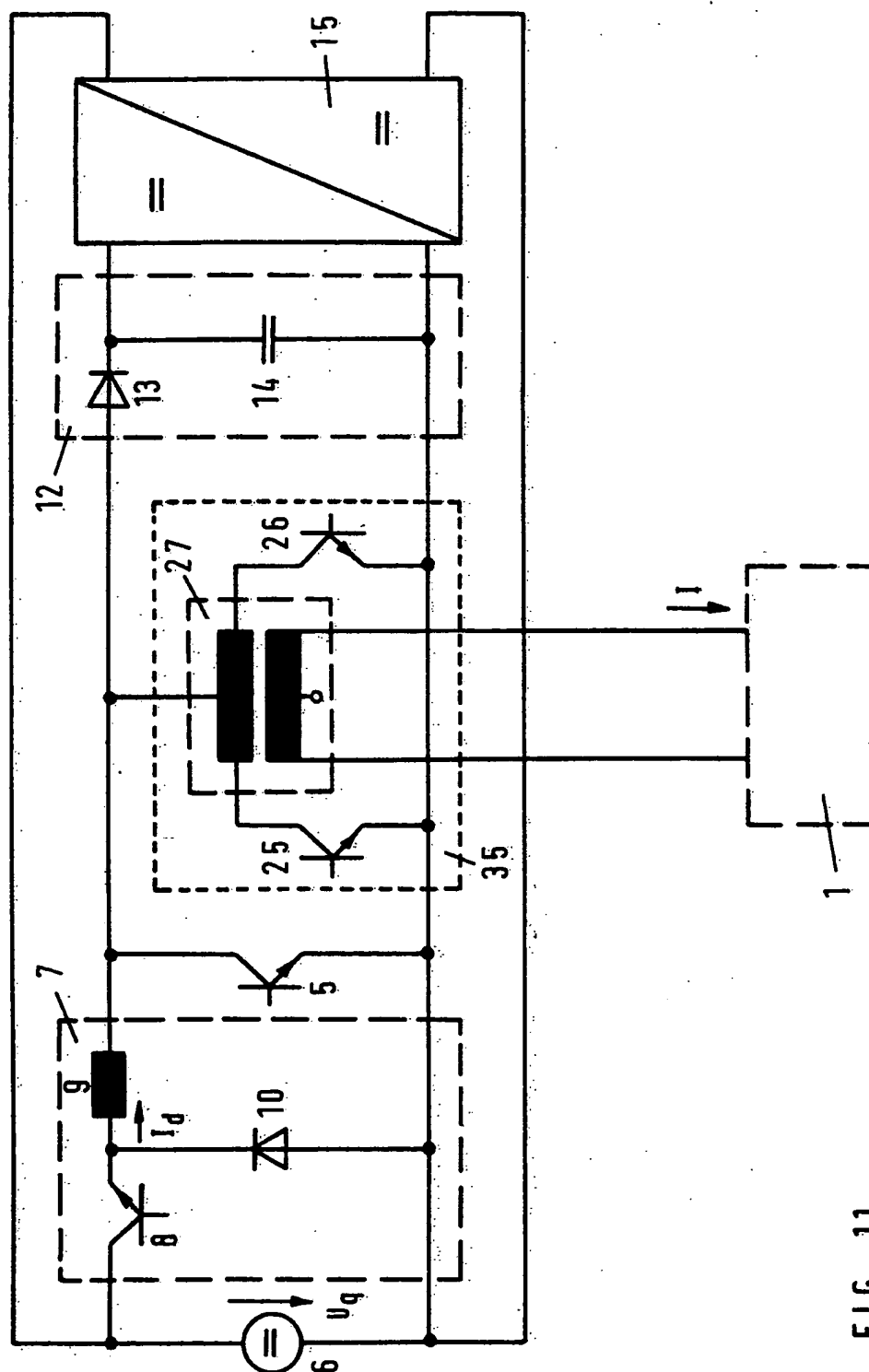


FIG. 11

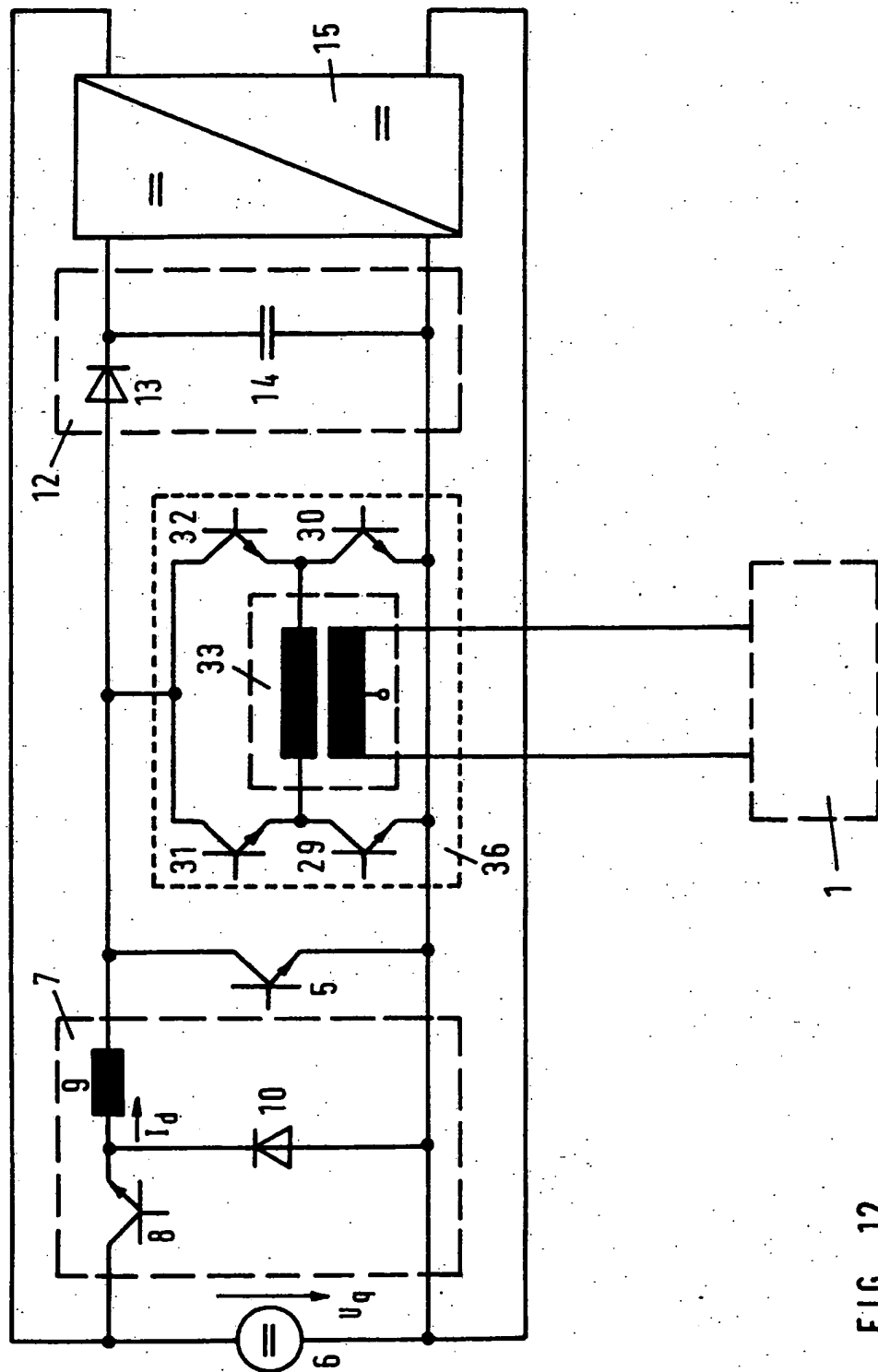


FIG. 12

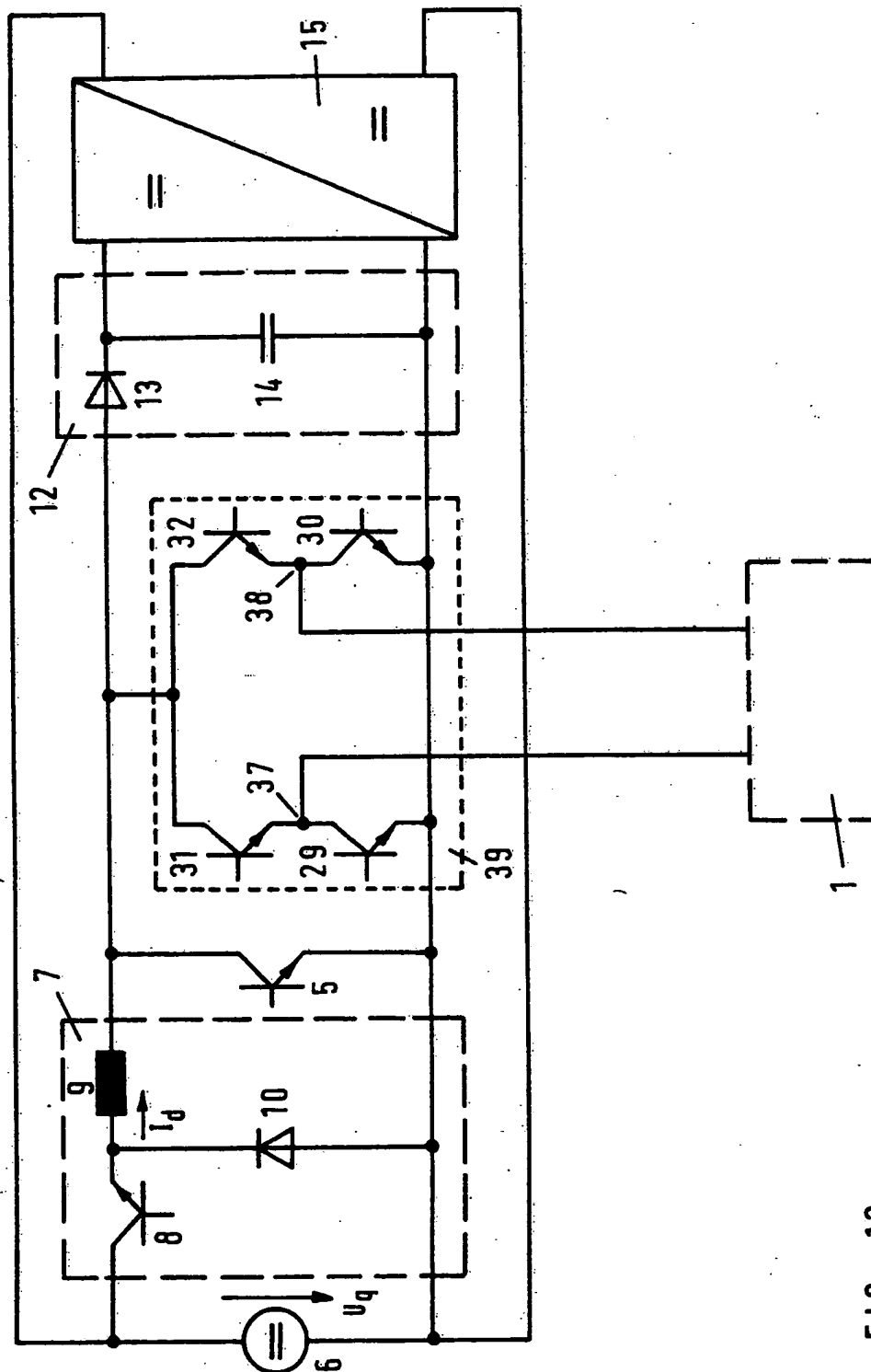


FIG. 13

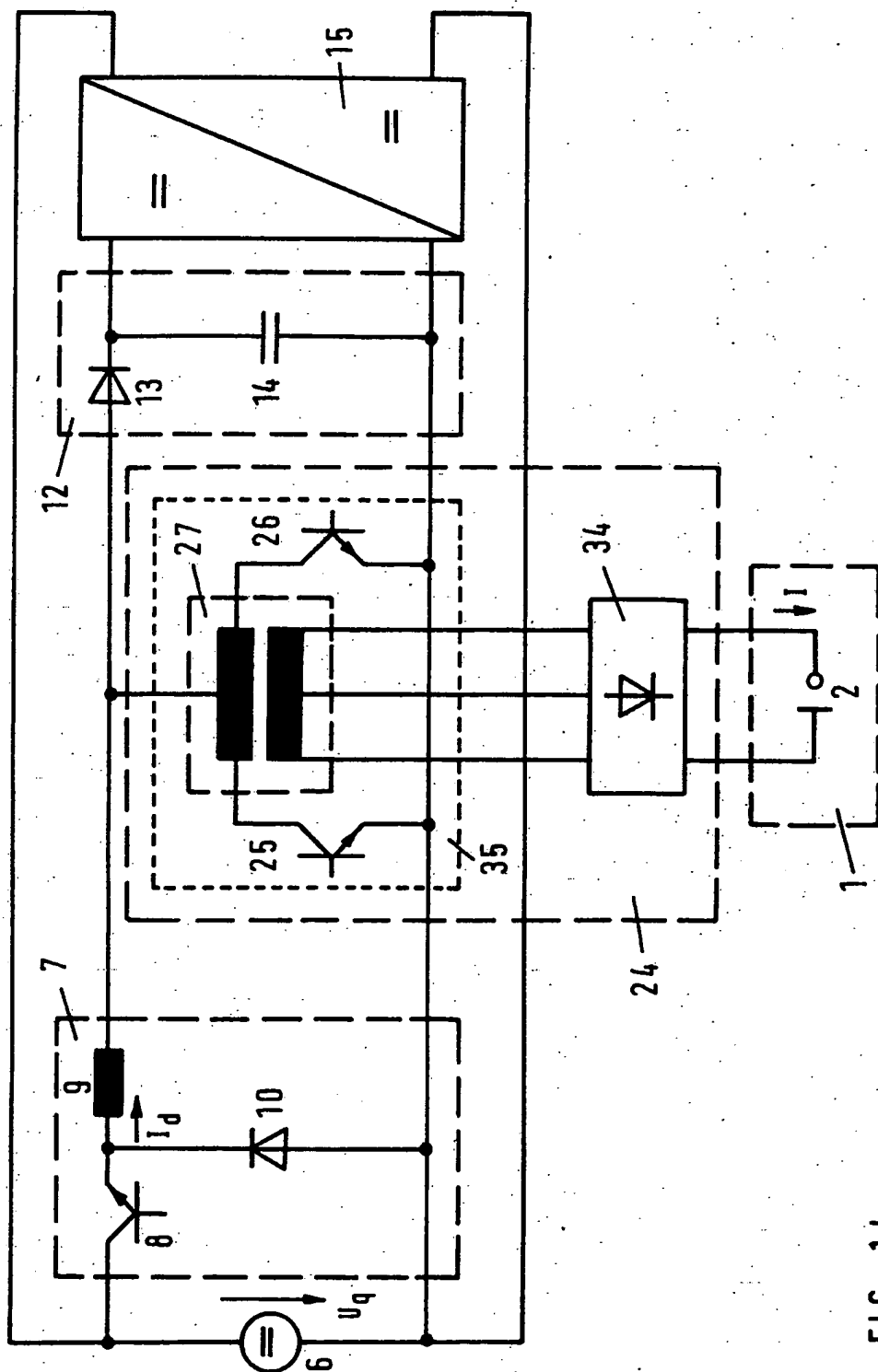


FIG. 14

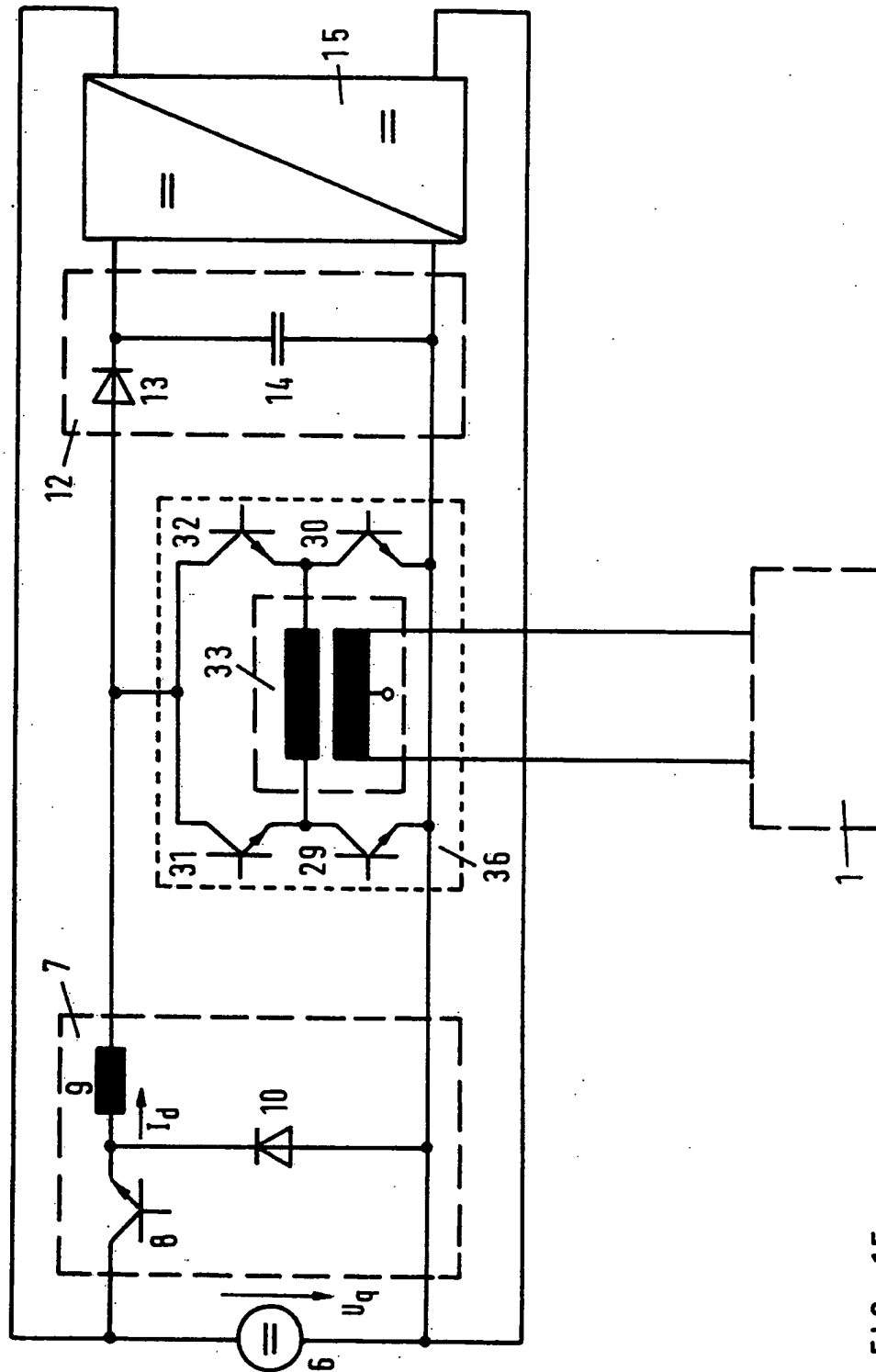


FIG. 15